

*Л. С. Мазелис, К. И. Лавренюк\**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», Владивосток, Россия*

## **ФОРМИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ КАПИТАЛОМ КАФЕДРЫ УНИВЕРСИТЕТА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ<sup>1</sup>**

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** человеческий капитал университета, экономико-математическая модель, оптимизация структуры инвестиций, стратегическое управление университетом, нечетко-множественный подход.

Исследовательская статья посвящена разработке метода формирования инвестиционной стратегии кафедры в области управления человеческим капиталом на основе нечеткой динамической модели. В условиях жесткой конкуренции и ограниченности ресурсов руководство организации при реализации программы стратегического развития сталкивается с проблемой формирования оптимального портфеля инвестиционных проектов с учетом имеющихся проектных рисков. Одним из приоритетных направлений инвестирования является человеческий капитал организации, а повышение его уровня является важным условием устойчивого развития и достижения поставленных перед университетом стратегических целей. В основе работы лежат разработанная нечеткая динамическая модель оптимизации инвестиций в человеческий капитал кафедры, целевой функцией которой является интегральный показатель, показывающий степень достижения набора стратегических задач кафедры, и метод определения значения интегрального показателя за определенный период планирования в нечетко-множественной логике, позволяющий получить оценку неопределенности при расчетах прогнозируемого значения интегрального показателя. Переменными, по которым проводится оптимизация, являются доли распределения инвестиционных ресурсов между сотрудниками, направлениями инвестирования и по годам.

Для набора стратегических задач кафедры рассмотрены показатели, целевые значения показателей, важность показателей, и методами регрессионного анализа построены функциональные зависимости значений показателей в зависимости от уровня человеческого капитала с учетом некоторых предположений и оценок экспертов. Результаты расчетов по модели позволяют сформировать инвестиционную стратегию управления человеческим капиталом кафедры с учетом имеющегося на данный момент человеческого капитала, заданного вербальными оценками экспертов и оценить степень риска недостижения целевых значений.

Для уровня кафедры рассмотрен пример определения оптимальной структуры инвестиций для достижения на горизонте планирования 5 лет максимального значения интегрального показателя, соответствующего семи стратегическим задачам по научно-исследовательской и образовательной деятельности.

### **Введение**

**В** условиях экономической неопределенности, рисков и ограниченности ресурсов топ-менеджеры университета сталкиваются с проблемой формирования плана инвестиционных мероприятий, позволяющего своевременно достигать поставленные перед университетом стратегические цели и учитывающего возможные риски [13]. Одним из приоритетных направлений инвестирования является человеческий капитал университета. Именно человеческий капитал является главным фактором формирования и развития экономики знаний [8], а теория, что люди являются основным признаком успешного

функционирования любой организации [10, 15], стала одной из основополагающих в современном менеджменте. В процессе функционирования университета в условиях экономики знаний становится невозможно отрицать, что, пока сотрудники не начнут реализовывать свои знания и навыки, используя для этого потенциал компьютеров и программ, последние сами по себе никогда не создадут стоимость. Следовательно, одним из главных условий устойчивого развития университета является накопление и сохранение человеческого капитала и проведение в жизнь стратегий, побуждающих сотрудников совершенствовать свои знания и навыки.

Вопросы эффективного инвестирования в человеческий капитал коммерческой фирмы, в том числе основные принципы, проблемы, методы

<sup>\*</sup>Мазелис Лев Соломонович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой математики и моделирования Владивостокского государственного университета экономики и сервиса, 690014, Владивосток, ул. Гоголя, 41. Тел.: +7 (902) 524-62-54. E-mail: lev.mazelis@vvsu.ru.

Лавренюк Кирилл Игоревич – ассистент кафедры математики и моделирования Владивостокского государственного университета экономики и сервиса, 690014, Владивосток, ул. Гоголя, 41. Тел.: +7 (967) 387-96-48. E-mail: Kirill.Lavrenyuk@vvsu.ru.

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках научного проекта № 15-32-01027.

и механизмы инвестирования, рассматривались в работах [2, 9], модели оценки влияния инвестиций в человеческий капитал на рост производительности труда, в основе которых лежат модификации производственной функции Кобба – Дугласа, предложены в [11, 14]. В работе [6] построена многокомпонентная модель количественной оценки человеческого интеллектуального капитала, интегрирующая сенсорную, мыслительно-логическую, креативно-интуитивную, социально-культурную эмоциональную и экономическую составляющие. Однако в этих работах не рассматривались вопросы оптимизации структуры инвестиционных вложений с точки зрения достижения максимальной результативности для организации.

Разработаны инструменты, позволяющие сформулировать оптимальную инвестиционную стратегию и план мероприятий на уровне бизнес-единицы в области управления человеческим капиталом:

1) метод количественной оценки уровня человеческого капитала университета, позволяющий учитывать различные группы характеристик, описывающие человеческий капитал;

2) концептуальная модель изменения человеческого капитала бизнес-единицы университета в результате инвестирования в его развитие финансовых средств, позволяющая учитывать взаимное влияние человеческого капитала и дополнительных финансовых поступлений в университет при повышении уровня человеческого капитала;

3) динамическая экономико-математическая модель распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета, позволяющая определить оптимальную структуру инвестиций по сотрудникам и направлениям инвестирования в зависимости от целевой функции; рассматривались две целевые функции: суммарный уровень человеческого капитала бизнес-единицы и дополнительные финансовые поступления за счет повышения уровня человеческого капитала [3, 4, 5].

Грамотное управление университетом означает наличие стратегии развития университета и декомпозицию целей и задач на уровень бизнес-единиц (кафедр). Таким образом, у кафедры имеются целевые значения ключевых показателей, соответствующих стратегическим целям университета. Поэтому, со стратегической точки зрения, основной задачей инвестирования в человеческий капитал является максимальное продвижение по достижению целевых показателей.

Кроме того, анализ динамической модели на чувствительность [3] показал, что одним из наиболее важных с точки зрения влияния на результат фактором является начальное распределение

уровня человеческого капитала сотрудников. Данный показатель определяется на основе экспертных оценок, и, следовательно, в нем присутствует значительная неопределенность, которую необходимо учитывать. Для моделирования неопределенности и минимизации рисков предлагается использовать нечетко-множественный подход при оценивании начального уровня человеческого капитала кафедры. Вопросы применения теории нечетких множеств к портфельному инвестированию рассматривались в работах [1, 12, 16].

Таким образом, целью данного исследования является разработка метода формирования инвестиционной стратегии кафедры в области управления человеческим капиталом на основе нечеткой динамической модели, позволяющего своевременно достигать поставленные перед университетом стратегические цели.

### **Модель оптимизации инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета в четкой постановке**

Человеческий капитал бизнес-единицы университета – это совокупность знаний, умений и навыков всех сотрудников структурного подразделения университета, обеспечивающих его эффективное и рациональное функционирование как производственного фактора развития. Человеческий капитал сотрудника описывается определенным набором характеристик, зависящих от специфики рассматриваемой сферы деятельности. В работах [3, 5] выделены пять групп характеристик: личностные (мыслительные, речевые, рефлексивные, эмоционально-чувствительные, поведенческие, творческие), интеллектуальные (лингвистические, пространственные, интраперсональные, телесно-кинестетические, интерперсональные, натуралистические, логико-математические), профессиональные (коммуникация, обучаемость, принятие решений, многозадачность, организация, проактивность), опыт работы в профессиональной деятельности (например, организационно-управленческой, экономической, научно-технической, плановой, проектно-экономической, научной и др.) и имидж на определенной территории (например, организации, муниципального образования, региона, страны, мира и др.).

Каждому сотруднику бизнес-единицы университета ставится в соответствие вектор-функция  $X_i(t) = (x_{i1}(t), x_{i2}(t), \dots, x_{ij}(t))$ ,  $i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, M$ , где  $x_{ij}(t)$  – значение уровня  $j$ -й характеристики человеческого капитала  $i$ -го сотрудника

бизнес-единицы в момент времени  $t$ ,  $x_{ij}(t) \in [0, 100]$ ;  $N$  – количество сотрудников бизнес-единицы университета;  $M$  – количество характеристик, описывающих человеческий капитал сотрудника бизнес-единицы университета.

Под уровнем человеческого капитала бизнес-единицы университета понимается средняя совокупная количественная оценка знаний, умений и навыков всех сотрудников структурного подразделения университета, определяющаяся по следующей формуле:

$$S(t) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \alpha_j \cdot x_{ij}(t)}{N}, \quad (1)$$

где  $S(t)$  – уровень человеческого капитала бизнес-единицы университета в момент времени  $t$ , принимающий значение от 0 до 100;  $\alpha_j$  – весовой коэффициент, характеризующий важность  $j$ -й характеристики человеческого капитала, при-

нимающий значения от 0 до 1 и  $\sum_{j=1}^M \alpha_j = 1$  (выбор весового коэффициента описан в работе [4]).

Рассмотрим задачу с горизонтом планирования  $T$ . В каждый момент времени  $t$  ( $t = 0, 1, \dots, T-1$ ) университет инвестирует финансовые ресурсы в человеческий капитал бизнес-единицы с целью достижения поставленных перед университетом стратегических целей. Финансовые ресурсы складываются из средств, запланированных по программе стратегического развития университета, и части привлеченных сотрудниками средств, направленных на повышение уровня человеческого капитала в следующем году. Рассмотрены четыре направления инвестирования в человеческий капитал и каналы влияния инвестиций на характеристики человеческого капитала.

Образование – процесс получения и усвоения знаний, умений и навыков сотрудника. Инвестиции в образование в большей степени влияют на личностные (мыслительные и речевые), интеллектуальные и профессиональные (коммуникация, многозадачность, принятие решений, организация) характеристики.

Здравоохранение – процесс сохранения и поддержания физического и психического уровня здоровья сотрудника. Инвестиции в здравоохранение в большей степени влияют на личностные (рефлексивные, эмоционально-чувствительные, поведенческие) и профессиональные характеристики.

Воспроизводство – процесс восполнения жизненных благ и средств сотрудника. Инвестиции

в воспроизводство в большей степени влияют на личностные (рефлексивные, эмоционально-чувствительные, поведенческие) и профессиональные (многозадачность, принятие решений, организация, проактивность, обучаемость) характеристики.

Имидж – процесс формирования в общественном или индивидуальном сознании мнений рационального и эмоционального характера о сотруднике. Инвестиции в имидж в большей степени влияют на характеристики имиджа на определенной территории [4, 7].

Накопленный человеческий капитал бизнес-единицы университета после инвестирования оценивается по следующей формуле:

$$S(t+1) = S(t) + \frac{\sum_{i=1}^N \Delta K_i(t+1)}{N}, \quad (2)$$

где  $\Delta K_i(t+1)$  – прирост уровня человеческого капитала в момент времени  $(t+1)$ , рассчитываемой по формуле:

$$\Delta K_i(t+1) = \sum_{j=1}^M \lambda_j^r \cdot Z_i(\tau) \cdot \left( \frac{\beta(t) \cdot \sum_{i=1}^N B_i(t) + \hat{B}(t)}{B^{r \text{ норм}}} \right) \cdot \gamma_i^r(t) \cdot \left[ 1 - \left( \frac{x_{ij}(t) - 10}{90} \right)^3 \right] \cdot \alpha_j$$

где  $\lambda_j^r$  – коэффициент усвоения инвестиций по  $r$ -му направлению инвестирования для  $j$ -й характеристики человеческого капитала (коэффициент описан в работе [4]);  $Z_i(\tau)$  – коэффициент усвоения инвестиций зависящий от возраста сотрудника (коэффициент описан в работе [5]);  $\tau$  – возраст сотрудника;  $B_i(t)$  – сумма привлеченных  $i$ -м сотрудником финансовых средств за интервал времени  $[t-1, t]$ ;  $\beta(t)$  – коэффициент изъятия, т. е. доля привлеченных сотрудником ресурсов, направленных на повышение уровня человеческого капитала в момент времени  $t$ ;  $\hat{B}(t)$  – финансовые средства для инвестирования в человеческий капитал, запланированные для бизнес-единицы по программе стратегического развития университета в момент времени  $t$ ;  $\gamma_i^r(t)$  – доля инвестиционных средств, направляемая в  $i$ -го сотрудника по  $r$ -му направлению в момент времени  $t$ ;  $B^{r \text{ норм}}$  – нормировочная функция  $r$ -го направления инвестирования;  $r = 1$  – инвестиции в образование;  $r = 2$  – инвестиции в здравоохранение;  $r = 3$  – инвестиции в воспроизводство;  $r = 4$  – инвестиции в имидж.

В модели используются нормировочные функции  $B^{r \text{ норм}}$ , задающие величину вложений по отдельному направлению, при которых изменение



характеристики при полной усвояемости и отсутствии насыщения будет равно 10. Вид функций и описание их построения приведено в работах [4, 5].

Далее рассмотрим набор стратегических целей университета и вытекающие из них стратегические задачи, стоящие перед бизнес-единицей. Каждой задаче соответствует показатель. Для показателя имеется целевое значение на рассматриваемом горизонте планирования. В зависимости от уровня человеческого капитала бизнес-единицы в момент времени  $t$  достигаются определенные результаты по рассматриваемым показателям. Введем интегральный показатель, учитывающий степень достижения набора стратегических целей бизнес-единицы:

$$I(t) = \sum_{l=1}^L \zeta_l \cdot \frac{P_l(t)}{\bar{P}_l}, \quad (3)$$

где  $\zeta_l$  – коэффициент важности  $l$ -й стратегической задачи бизнес-единицы,  $\sum_{l=1}^L \zeta_l = 1$ ;  $P_l(t)$  – значение

показателя  $l$ -й стратегической задачи бизнес-единицы в момент времени  $t$ ;  $\bar{P}_l$  – целевое значение показателя  $l$ -ой стратегической задачи;  $L$  – количество стратегических задач.

Модифицируем предложенную динамическую модель оптимизации структуры инвестиций в человеческий капитал [4] следующим образом:

1) в качестве целевой функции рассмотрим:

$$I(T) = \sum_{l=1}^L \zeta_l \cdot \frac{P_l(T)}{\bar{P}_l};$$

2) для нахождения интегрального показателя построим функциональные зависимости,

позволяющие находить значения показателей стратегических задач по структуре и уровню человеческого капитала бизнес-единицы университета.

В рамках данного исследования для каждой рассматриваемой стратегической цели университета, используя некоторые предположения и количественные оценки экспертов, методами регрессионного анализа строятся функциональные зависимости  $P_l(t)$ .

### Метод определения значения интегрального показателя за определенный период планирования в нечетко-множественной логике

Начальные значения характеристик человеческого капитала определяются на основании экспертной оценки руководителя бизнес-единицы университета. При этом достаточно сложным является задание этих значений в виде четкого числа, а эксперту гораздо проще формулировать значения уровня характеристик в виде вербальной оценки, учитывая субъективные представления и ощущения. Одним из способов такого упрощения задачи для руководителя является применение нечетко-множественного подхода. Поэтому в качестве оценок начальных значений характеристик человеческого капитала воспользуемся вербальными оценками, преобразованными в нечеткие трапецевидные числа (рис. 1).

Далее рассмотрим следующую задачу: определить степень достижения стратегических задач бизнес-единицы в момент времени  $T$ , если начальные значения характеристик человеческого капитала заданы нечеткими числами и инвестирование

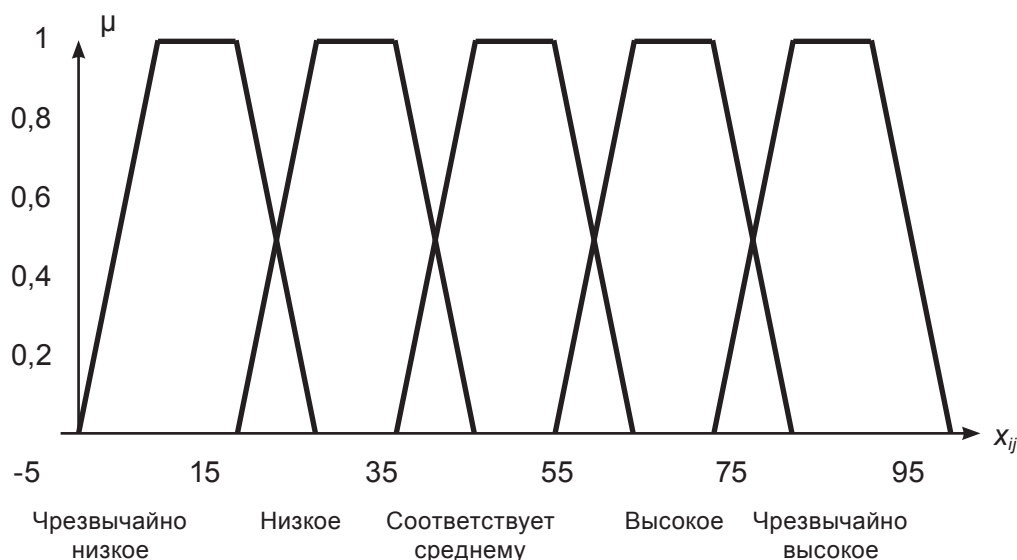


Рис. 1. Преобразование вербальных оценок характеристик человеческого капитала в нечеткие числа

в человеческий капитал осуществляется как за счет средств, запланированных по программе стратегического развития университета, так и части привлеченных сотрудниками средств, направленных на повышение уровня человеческого капитала в следующем году.

Для решения поставленной задачи используем следующий алгоритм:

1) определение оптимальной структуры распределения инвестиционных средств между сотрудниками бизнес-единицы университета по направлениям инвестирования для достижения максимального значения интегрального показателя бизнес-единицы за  $T$  периодов в четких числах используя модель, описанную выше; при этом начальными значениями характеристик являются значения медиан трапециевидных нечетких чисел (для равнобокой трапеции это середина основания);

2) используя найденную в пункте 1 структуру распределения инвестиционных средств между сотрудниками бизнес-единицы по направлениям инвестирования и задавая начальные значения характеристик человеческого капитала в виде нечетких чисел, по рекуррентным зависимостям динамической модели прямым счетом находите значение интегрального показателя бизнес-единицы в виде нечеткого числа в момент времени  $T$ .

### Пример формирования инвестиционной стратегии управления человеческим капиталом кафедры

В качестве примера рассмотрим задачу определения оптимальной структуры инвестиций (по сотрудникам, направлениям инвестирования и годам) для достижения на горизонте планирования 5 лет максимального значения интегрального показателя, соответствующего семи стратегическим задачам:

- повышение публикационной активности преподавателей кафедры, показатель – количество публикаций, индексируемых в системах цитирования, на одну ставку профессорско-преподавательского состава (далее – ППС) за 1 год, целевое значение показателя  $\bar{P}_1 = 4$ , коэффициент важности показателя  $\zeta_1 = 0,16$ ;

- повышение острепенности штатного ППС кафедры, показатель – доля штатного ППС кафедры, имеющего степень кандидата или доктора наук, в общей численности штатного ППС кафедры, целевое значение показателя  $\bar{P}_2 = 0,8$ , коэффициент важности показателя  $\zeta_2 = 0,16$ ;

- увеличение объема привлеченных преподавателями кафедры финансовых средств, показатель – объем средств, привлеченных за выполнение проектов в форме грантов и хозяйственных НИР на одну ставку ППС за 1 год, целевое значение показателя  $\bar{P}_3 = 400000$  рублей, коэффициент важности показателя  $\zeta_3 = 0,2$ ;

- увеличение выигранных студентами кафедры международных, всероссийских и региональных олимпиад и конкурсов, показатель – количество выигранных (1, 2 и 3 места) олимпиад и конкурсов за 1 год, целевое значение показателя  $\bar{P}_4 = 4$ , коэффициент важности показателя  $\zeta_4 = 0,04$ ;

- увеличение результативности обучения аспирантов, показатель – доля защитившихся в срок аспирантов кафедры, целевое значение показателя  $\bar{P}_5 = 0,5$ , коэффициент важности показателя  $\zeta_5 = 0,12$ ;

- увеличение качественного состава студентов, принятых на 1-й курс, показатель – средний балл ЕГЭ студентов, принятых по результатам ЕГЭ на обучение по очной форме (бюджетной и внебюджетной), целевое значение показателя  $\bar{P}_6 = 70$ , коэффициент важности показателя  $\zeta_6 = 0,2$ ;

- увеличение качественного состава магистрантов, принятых на 1-й курс, показатель – средний балл бакалаврского диплома поступивших в магистратуру по программам магистратуры кафедры, целевое значение показателя  $\bar{P}_7 = 85$ , коэффициент важности показателя  $\zeta_7 = 0,12$ .

Для решения сформулированной задачи дополним оптимизационную модель следующими функциональными зависимостями значений показателей от уровня человеческого капитала:

1) функция количества публикаций, индексируемых в системах цитирования, на одну ставку ППС за 1 год:

$$P_1(t) = \frac{\sum_{i=1}^N 0,0005 \cdot K_i^2(t) + 0,007 \cdot K_i(t) - 0,094}{N}; \quad (4)$$

2) функция доли штатного ППС кафедры, имеющего степень кандидата или доктора наук, в общей численности штатного ППС кафедры:

$$P_2(t) = \frac{\sum_{i=1}^N V_i(t)}{N}, \quad V_i(t) = \begin{cases} 0; & K_i(t) < 50, \\ 0,7; & 50 \leq K_i(t) < 60, \\ 0,9; & 60 \leq K_i(t) < 70, \\ 1; & 70 \leq K_i(t); \end{cases} \quad (5)$$

3) функция объема средств, привлеченных за выполнения проектов в форме грантов и хозяйственных НИР на одну ставку ППС за 1 год:

$$P_3(t) = \frac{1,4 \cdot \sum_{i=1}^N e^{0,08 \cdot K_i(t)}}{N}; \quad (6)$$

4) функция количества выигранных (1, 2 и 3 места) олимпиад и конкурсов за 1 год:

$$P_4(t) = \begin{cases} 0; S(t) < 40, \\ 0,15 \cdot S(t) - 6; 40 \leq S(t); \end{cases} \quad (7)$$

5) функция доли защитившихся в срок аспирантов кафедры:

$$P_5(t) = \begin{cases} 0; S(t) < 40, \\ 0,0149 \cdot S(t) - 0,6; 40 \leq S(t); \end{cases} \quad (8)$$

6) функция среднего балла ЕГЭ студентов, принятых по результатам ЕГЭ на обучение по очной форме (бюджетной и внебюджетной):

$$P_6(t) = 0,7538 \cdot S(t) + 19,385; \quad (9)$$

7) функция среднего балла бакалаврского диплома поступивших в магистратуру по программам магистратуры кафедры:

$$P_7(t) = \begin{cases} 0; S(t) < 50, \\ 0,666 \cdot S(t) + 35; 50 \leq S(t). \end{cases} \quad (10)$$

Рассмотрим кафедру университета со штатным составом 10 человек, уровень человеческого капитала которых в начальный момент времени  $t = 0$  приведен в табл. 1. Начально запланированные инвестиции по программе развития составляют 1 млн рублей ежегодно и коэффициент изъятия для привлеченных средств равен 0,3. Горизонт планирования – 5 лет. Переменными, по которым проводится оптимизация, являются вложения в преподавателей по отдельным направлениям по годам.

В рамках первого этапа алгоритма определяется оптимальное распределение инвестиционных средств между преподавателями кафедры по направлениям инвестирования и годам для достижения максимального значения интегрального показателя за 5 лет для описанного примера в четкой постановке. Для определения оптимальной структуры инвестиций в четкой

Таблица 1

Начальный уровень человеческого капитала кафедры университета

№ сотрудника	Уровень человеческого капитала со степенью принадлежности				Медиана трапеции	Возраст сотрудника
	0	1	1	0		
1 сотрудник	32	40	44	52	42	25
2 сотрудник	29	37	41	49	39	26
3 сотрудник	30	38	42	50	40	27
4 сотрудник	29	37	41	49	39	31
5 сотрудник	42	50	54	62	52	36
6 сотрудник	43	51	55	63	53	37
7 сотрудник	55	63	67	75	65	38
8 сотрудник	56	64	68	76	66	44
9 сотрудник	64	72	76	84	74	51
10 сотрудник	70	78	82	90	80	55
Кафедра	45	53	57	65	55	37

Таблица 2

Оптимальная структура инвестиций в человеческий капитал, %

Год	Направление инвестирования	Преподаватели кафедры									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Образование	4,5	2,3	0,3	3,9	5,2	1,1	0,8	1,8	0,8	0
	Здравоохранение	13,9	3,4	2,8	0,3	0,2	0	0	0	0	0
	Воспроизводство	3,1	7,5	9	8,9	2,3	20,4	0,9	0,8	0,5	0
	Имидж	1,9	0,4	1,9	0,4	0	0	0	0	0,3	0,2
5	Образование	24,3	5,7	0	1,4	2,9	5,1	1,7	1,6	1	0,8
	Здравоохранение	0,6	1,2	1,2	1,1	1,3	0,2	1	1,1	1,1	1,1
	Воспроизводство	2	0	18,9	1,3	7,4	6,5	1,8	1,3	1	0,4
	Имидж	0,6	1,2	0,6	0,4	0,7	0,6	0,3	0,4	0,5	0,7

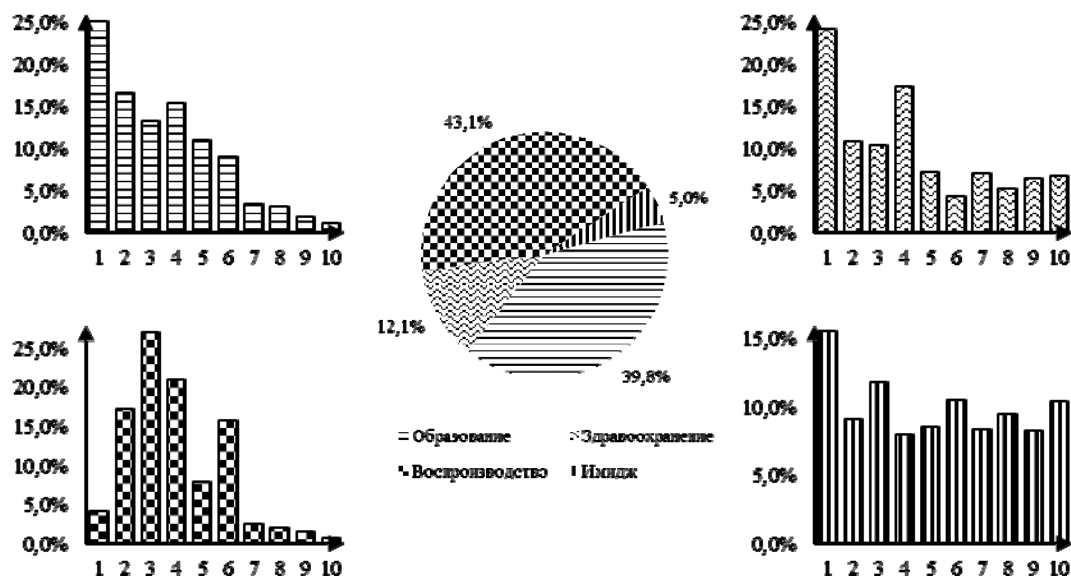


Рис. 2. Структура инвестиций в человеческий капитал кафедры

постановке за начальный уровень человеческого капитала принимается медиана трапециевидного нечеткого числа. Решение задачи находится численными методами с использованием пакета MatLab. Фрагмент структуры распределения представлен в табл. 2.

На рис. 2 представлена структура инвестирования по направлениям инвестирования и преподавателям.

Прирост уровня человеческого капитала кафедры за 5 лет составит 13,8 млн рублей при общих инвестиционных затратах 9,3 млн руб. (при этом 68 % инвестиций приходится в преподавателей с номерами 1–4). Отметим, что из них 5 млн руб. составляют запланированные инвестиции по программе развития университета и 4,3 млн руб. – это реинвестирование дополнительных финансовых ресурсов, привлеченных сотрудниками кафедры. Значения показателей стратегических задач и интегрального показателя в динамике представлены в табл. 3.

Анализируя данные табл. 3, можно сделать следующий вывод: при имеющихся начальных условиях (начальный уровень человеческого

капитала сотрудников кафедры, коэффициент изъятия и финансовые средства, запланированные для кафедры по программе стратегического развития университета) интегральный показатель через 5 лет будет равен 0,91, что говорит о недостижении целевых значений показателей стратегических задач, а именно:

- к выполненным стратегическим задачам относятся: повышение острепенности штатного ППС кафедры (степень достижения 1,125), увеличение выигранных студентами кафедры международных, всероссийских и региональных олимпиад и конкурсов (степень достижения 1), увеличение качественного состава студентов, принятых на 1-й курс (степень достижения 1);

- к невыполненным стратегическим задачам относятся: повышение публикационной активности преподавателей кафедры (степень достижения 0,65), увеличение объема привлеченных преподавателями кафедры финансовых средств (степень достижения 0,87), увеличение результативности обучения аспирантов (степень достижения 0,8), увеличение качественного состава магистрантов, принятых на 1-й курс (0,94).

Таблица 3

Значения показателей стратегических задач университета по годам

Год	№ показателя стратегической задачи							Интегральный показатель
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_7$	
1	1,9	0,52	225	2	0,22	61	72	0,64
2	2,1	0,52	254	3	0,28	64	74	0,70
3	2,3	0,84	285	3	0,33	67	77	0,81
4	2,5	0,88	315	4	0,37	69	78	0,87
5	2,6	0,90	348	4	0,40	70	80	0,91

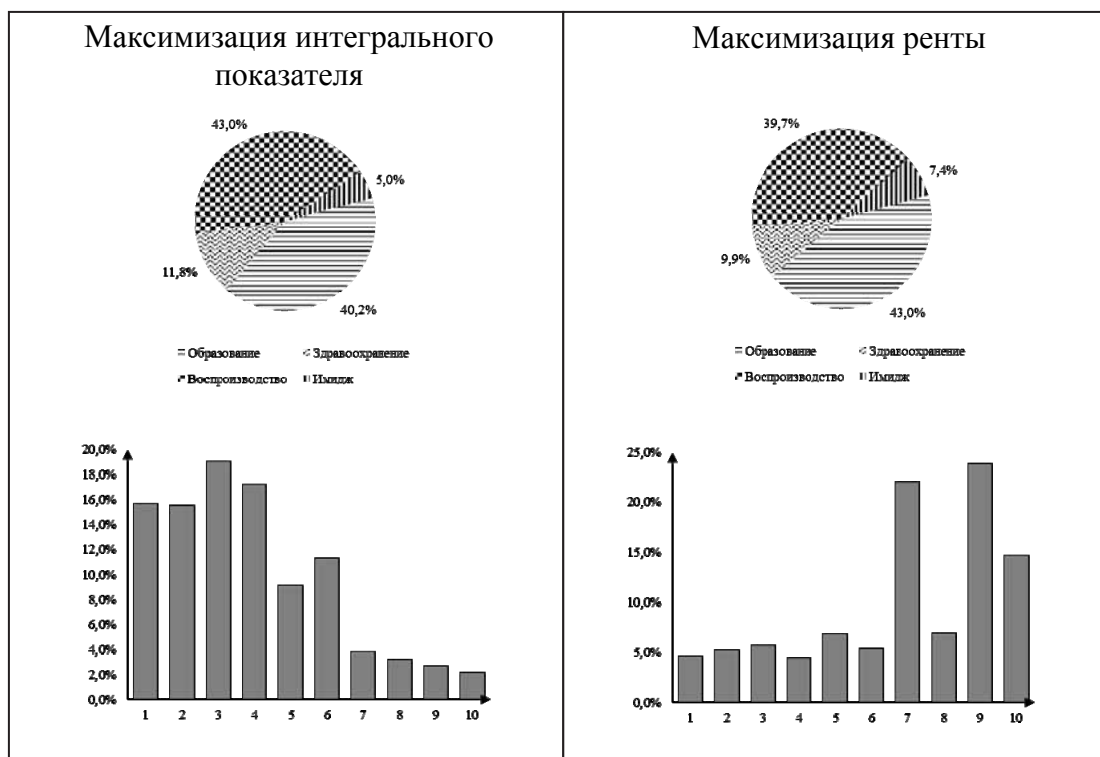


Рис. 3. Сравнение структуры инвестирования

Дополнительные расчеты показывают, что:

1) для достижения целевого значения интегрального показателя необходимый совокупный объем инвестиций равен 16,1 млн руб., что на 6,8 млн руб. больше, чем инвестированные в выше приведенном примере. Ликвидировать данный дефицит в инвестиционных средствах возможно за счет изменения коэффициента изъятия или увеличения финансовых средств, запланированных для кафедры по программе стратегического развития университета. При этом достижение целевого значения интегрального показателя не означает достижение целевых значений всех показателей стратегических задач, так, например, если коэффициент изъятия увеличить до 0,8, то значение интегрального показателя будет равно 1, но степень достижения некоторых стратегических задач окажется тем не менее меньше единицы: повышение публикационной активности преподавателей кафедры, увеличение результативности обучения аспирантов и увеличение качественного состава магистрантов, принятых на 1-й курс, соответственно равны 0,725, 0,98 и 0,96;

2) часть целевых показателей стратегических задач кафедры при имеющемся штатном составе являются достижимыми только при условии существенного увеличения инвестирования за счет финансовых средств, запланированных для кафедры по программе стратегического развития

университета, что является не целесообразным и рекомендуется произвести корректировку целевых значений или привлечь внешних сотрудников с высоким уровнем человеческого капитала.

Сравним структуры распределения инвестиционных средств в зависимости от целевой функции динамической модели. Рассмотрим две модели: с целевой функцией «интегральный показатель степени достижения стратегических задач»; с целевой функцией «рента университета» (модель разобрана в работе [3]). В результате получаются существенно разные структуры инвестиций между

Таблица 4

Значения показателей стратегических задач в нечетком виде

Стратегическая задача	1 год	5 год
$P_1$	{1,3; 1,8; 2,0; 2,6}	{2,1; 2,6; 2,8; 3,4}
$P_2$	{0,34; 0,52; 0,52; 0,72}	{0,79; 0,90; 0,92; 0,99}
$P_3$	{99; 191; 265; 513}	{183; 314; 417; 759}
$P_4$	{1; 2; 3; 4}	{3; 4; 4; 5}
$P_5$	{0,07; 0,19; 0,25; 0,37}	{0,29; 0,38; 0,43; 0,54}
$P_6$	{53; 59; 62; 69}	{64; 69; 72; 77}
$P_7$	{0; 70; 73; 79}	{75; 79; 81; 86}
$I$	{0,35; 0,60; 0,69; 0,94}	{0,72; 0,88; 0,97; 1,23}



сотрудниками и направлениями инвестирования (рис. 3). Это связано с тем, что при максимизации ренты основной объем инвестиций направляется в сотрудников, привлекающих максимальный объем финансовых средств, а при максимизации интегрального показателя инвестиции направлены на выравнивание уровня человеческого капитала кафедры. Первая структура ориентирована на подтягивание «слабых звеньев», а вторая – на развитие конкурентных преимуществ.

Используя найденные доли распределения инвестиционных средств между сотрудниками бизнес-единицы по направлениям инвестирования и годам (табл. 2 и рис. 2) и задавая начальные значения характеристик человеческого капитала в виде трапециевидных нечетких чисел, для учета неопределенности по рекуррентным зависимостям динамической модели прямым счетом находим значения показателей стратегических задач и интегрального показателя по годам (табл. 4).

На основании результатов табл. 4 можно оценить степень риска недостижения целевого значения, например, интегрального показателя. При этом степень риска будем оценивать по формуле:

$$R = \frac{S_{\text{риска}}}{S_{\text{общее}}}, \quad (11)$$

где  $S_{\text{риска}}$  – площадь фигуры, расположенной слева от целевого значения;  $S_{\text{общее}}$  – общая площадь фигуры.

На рис. 4 приведено трапециевидное нечеткое число значения интегрального показателя через 5 лет.

Для определения степени риска необходимо найти площади двух фигур –  $ABCE_1E_2$  и  $ABCD$ . Таким образом,  $S_{ABCE_1E_2} = 0,2$  и  $S_{ABCD} = 0,3$ , следовательно, значение степени риска составляет 0,67, что является достаточно высокой степенью риска недостижения целевого значения интегрального показателя.

Найденные численные решения позволяют сформулировать, например, следующую стратегию для исследуемого объекта: если на кафедре преобладают сотрудники с начальным уровнем человеческого капитала соответствующему среднему уровню и университет максимизирует интегральный показатель, учитывающий степень достижения набора стратегических целей бизнес-единицы в долгосрочной стратегии ( $T = 5$ ), то максимальная часть финансовых средств (60–70%) инвестируется в сотрудников с уровнем человеческого капитала от 45 до 55 единиц; основными направлениями инвестирования являются воспроизводство (40–45%) и образование (35–40%), при этом степень риска выполнения поставленных стратегических задач при данном объеме финансирования составляет 0,66.

## Заключение

В работе предложен метод формирования оптимальной инвестиционной стратегии в области управления человеческим капиталом, позволяющей своевременно достигать поставленные университетом стратегические цели по программе развития. Рассмотрена оптимизационная модель, в которой целевой функцией является интегральный показатель, характеризующий степень достижения поставленных перед бизнес-единицей университета стратегических задач. Часть входных параметров, в частности уровень человеческого капитала сотрудников в начальный момент времени, задается в виде нечетких трапециевидных чисел, что позволяет упростить задачу определения начальных значений характеристик человеческого капитала с учетом размытости информации и субъективных представлений и ощущений экспертов и получить оценку неопределенности при

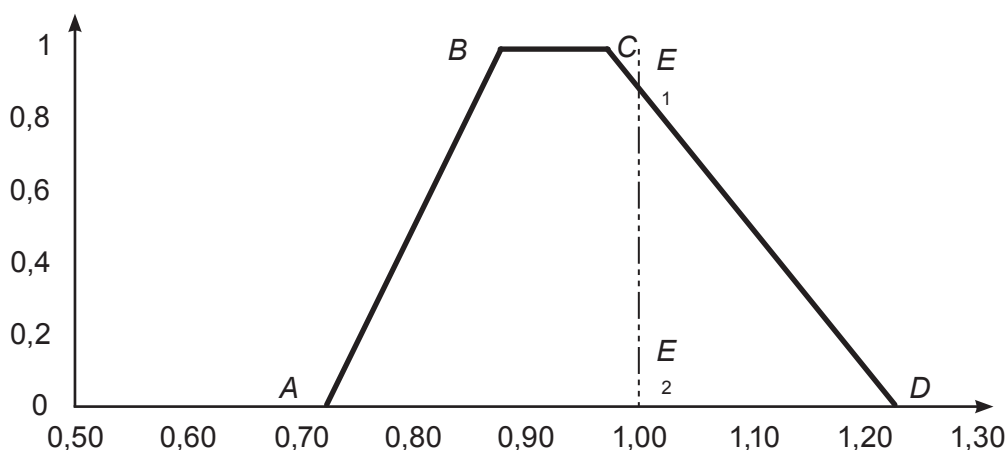


Рис. 4. Интегральный показатель

расчетах прогнозируемого значения интегрального показателя.

Рассмотрен пример по достижению стратегических целей по научно-исследовательской и образовательной деятельности кафедры университета. Результаты расчетов по модели позволяют сформировать инвестиционную стратегию управления человеческим капиталом кафедры с учетом имеющегося на данный момент человеческого капитала, заданного вербальными оценками экспертов.

Предложенная модель является эффективным инструментом для менеджмента среднего и высшего звена университета, позволяющим находить оптимальную количественную структуру распределения инвестиционных средств, направляемых в человеческий капитал, между сотрудниками бизнес-единицы по направлениям инвестирования и годам. При этом в качестве бизнес-единицы может рассматриваться не только кафедра, но и другие структурные подразделения: учебные, научные, обеспечивающие или даже производственные. Оптимальная структура инвестиций в человеческий капитал дает возможность оценить их вклад в достижение целевых значений показателей и построить «дорожную карту» выполнения поставленных стратегических задач в рамках ограничений по финансовым ресурсам.

#### Список литературы

1. Аньшин В. М., Демкин И. В., Царьков И. Н., Никитин И. М. Применение теории нечетких множеств к задаче формирования портфеля проектов // Проблемы анализа риска. 2008. Т. 5, № 3 С. 8–21.
2. Коркина Т. А. Принципы управления инвестициями в человеческий капитал предприятия // Управление персоналом. 2009. № 17. С. 30–33.
3. Лавренюк К. И. Анализ чувствительности динамической модели оптимизации инвестиций в человеческий капитал организации // Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки : материалы

V Международ. науч.-практ. конф. North Charleston, USA. 2015. С. 241.

4. Лавренюк К. И., Мазелис Л. С. Динамическая модель оптимизации инвестиций в человеческий капитал преподавателей университета // Университет. управление: практика и анализ. 2014. № 4–5 (92–93). С. 121–128.

5. Лавренюк К. И., Мазелис Л. С., Свиридова Е. В., Сонин В. В. Сравнительный анализ стратегий инвестирования в человеческий капитал университетов Китая и России // Фундаментальные исследования. 2015. № 2–12. С. 2683–2689.

6. Лосева О. В. Человеческий капитал как фактор инновационного развития социально-экономических систем: измерение и оценка : монография. М.: Финанс. ун-т при Правительстве Рос. Федерации, 2012. 188 с.

7. Мазелис Л. С., Волгина О. А., Разумова Ю. В. Оптимизация инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы при стратегическом управлении предпринимательским университетом // Вестн. Тихоокеан. гос. эконом. ун-та. 2011. № 4. С. 59–64.

8. Николаев М. Е. Человеческий капитал и инновационная экономика // Россия и современный мир. 2008. № 2. С. 57–63.

9. Соколова Р. Ф. Проблемы эффективности инвестиций в человеческий капитал // Эконом. вестн. Республики Татарстан. 2005. № 1. С. 50–51.

10. Becker G. S. Human capital. N.Y.: Columbia University Press, 1964.

11. Giziene V., Simanaviciene Z., Palekiene O. Evaluation of investment in human capital economical effectiveness // Engineering Economics. 2012. № 23 (2). P. 106–116.

12. Huang X. Optimal project selection with random fuzzy parameters // Int. J. Production Economics. 2007. № 106. P. 513–522.

13. Mazelis L. S., Solodukhin K. S. Multi-Period Models for Optimizing an Institution's Project Portfolio Inclusive of Risks and Corporate Social Responsibility // Middle East Journal of Scientific Research. 2013. Vol. 17, № 10. P. 1457–1461.

14. Olayemi S.-O. O. Human Capital Investment and Industrial Productivity in Nigeria // Intern. J. of Humanities and Social Science. Vol. 2, № 16. P. 298–307.

15. Shultz T. Investment in human capital. N.Y., London, 1971. P. 26–28.

16. Wang J., Hwang W.-L. A fuzzy set approach for R&D portfolio selection using a real option valuation model // Omega. 2007. № 33. P. 247–257.

Mazelis L. S., Lavrenyuk K. I.\*

Federal State-Funded Educational Institution of higher education “Vladivostok State University of Economics and Service”, Vladivostok, Russian Federation

## FORMATION OF INVESTMENT STRATEGY OF HUMAN CAPITAL MANAGEMENT DEPARTMENTS OF THE UNIVERSITY ON BASIS OF FUZZY DYNAMIC MODEL

Key words : human capital university, economic and mathematical model, optimize investment structure, strategic management of university, the fuzzy-set approach.

\* Mazelis Lev Solomonovich – Doctor of Economics, professor, head of a mathematic and modelling department of Vladivostok State University of Economics and Service, 690014, Vladivostok, st. Gogol, 41, +7 (902) 5246254, lev.mazelis@vvsu.ru.

Lavrenyuk Kirill Igorevich – teaching assistant of a mathematic and modelling department of Vladivostok State University of Economics and Service, 690014, Vladivostok, st. Gogol, 41, +7 (967) 3879648, Kirill.Lavrenyuk@vvsu.ru.

A research article devoted to the development of the method of formation of the investment strategy of the Department in the field of human capital management based on fuzzy dynamic model. In the face of fierce competition and limited resources, the organization's leadership in the implementation of the strategic development program faces the challenge of creating the optimal portfolio of investment projects within existing project risks. One of the priorities is human capital investment organization as the increase of its level is an important prerequisite for sustainable development and achievement of strategic goals of the university. At the heart of the work are developed fuzzy dynamic model optimization of investment in human capital of the department, the target function is the integral index, showing the degree of achievement of the set strategic objectives of the department, and the method of determining the value of the integral index over a certain period of planning in fuzzy multiple logic provides estimates of uncertainty in calculating the predicted value of the integral index. The variables for the optimization are the share of the distribution of investment resources among employees, areas of investment and years.

For a set of strategic objectives of the department we considered indicators, target indicators, the importance of indicators and methods of regression analysis functionality built according to the values of parameters depending on the level of human capital based on certain assumptions and assessments of experts. Results of model calculations allow for generating the investment strategy of the department of human resources management based on currently available human capital, given verbal assessments of the experts and assessing the risk of failure to reach the target values.

At the level of the department we considered an example of determining the optimal structure of investment to achieve in the planning horizon of 5 years, the maximum value of the integral index, corresponding to the seven strategic objectives for research and educational activities.

### References

1. Anshin V. M., Demkin I. V., Tsarkov I. N., Nikonov I. M. Primenenie teorii nechetkikh mnozhestv k zadache formirovaniya portfelya proektov [A Review of Approaches to Resource Allocation in Project Portfolio Management under Uncertainty]. Problemyi analiza riska [Problems of risk analysis]. 2008. T. 5, № 3. P. 8–21.
2. Korkina T. A. Printsipy upravleniia investitsiyami v chelovecheskii kapital predpriiatiia [Principles of investment management in the human capital of the enterprise]. Upravlenie personalom [Personnel Management]. 2009. № 17. P. 30–33.
3. Fundamentalnaya nauka i tehnologii, perspektivnye razrabotki Materialy V mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Fundamental science and technology – promising developments V], North Charleston, 2015, 241 p.
4. Lavrenyuk K. I., Mazelis L. S. Dinamicheskaya model optimizatsii investitsiy v chelovecheskiy kapital prepodavateley universiteta [Dynamic optimization model of investment in human capital university teachers]. Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz [University Management: Practice and Analysis]. 2014. № 4–5 (92–93). P. 121–128.
5. Lavrenyuk K. I., Mazelis L. S., Sviridova E. V., Sonin V. V. Sravnitelnyiy analiz strategiy investirovaniya v chelovecheskiy kapital universitetov Kitaya i Rossii [Comparative analysis of investment strategies in human capital university of China and Russia]. Fundamentalnye issledovaniya [Basic research]. 2015. № 2–12. P. 2683–2689.
6. Loseva O. V. Chelovecheskii kapital kak faktor innovatsionnogo razvitiia sotsialno-ekonomicheskikh sistem: izmerenie i otsenka: monografiia [Human capital as a factor of innovation development of socio-economic systems : measurement and evaluation : monograph]. M.: Finansovyi universitet pri Pravitelstve Rossiiskoi Federatsii, 2012, 188 p.
7. Mazelis L. S., Volgina O. A., Razumova Yu. V. Optimizatsiya investitsiy v chelovecheskiy kapital biznes-editsiyi pri strategicheskoy upravlenii predprinimatelskim universitetom [Optimization of investments into human capital during the strategic administration of business university]. Vestnik tihoookeanskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta [Bulletin of Pacific State University of Economics]. 2011. № 4. S. 59–64.
8. Nikolaev M. E. Chelovecheskiy kapital i innovatsionnaya ekonomika [Human capital and innovative economy]. Rossiya i sovremennyy mir [Russia and the Modern World]. 2008. № 2. P. 57–63.
9. Sokolova R. F. Problemy effektivnosti investitsii v chelovecheskii kapital [Problems of efficiency of investment in human capital]. Ekonomicheskii vestnik Respubliki Tatarstan [Economic Herald Republic of Tatarstan]. 2005. № 1. P. 50–51.
10. Becker, Gary S. Human capital. N.Y.: Columbia University Press, 1964.
11. Giziene V., Simanaviciene Z., Palekiene O. Evaluation of investment in human capital economical effectiveness // Engineering Economics. 2012. № 23 (2). P. 106–116.
12. Huang X. Optimal project selection with random fuzzy parameters // Int. J. Production Economics. 2007. 106. P. 513–522.
13. Mazelis L. S., Solodukhin K. S. Multi-Period Models for Optimizing an Institution's Project Portfolio Inclusive of Risks and Corporate Social Responsibility // Middle East Journal of Scientific Research. 2013. Vol. 17, № 10. P. 1457–1461.
14. Oluyemi S.-O. O. Human Capital Investment and Industrial Productivity in Nigeria // Intern. J. of Humanities and Social Science. Vol. 2, № 16. P. 298–307.
15. Shultz T. Investment in human capital. N.Y., London. 1971. P. 26–28.
16. Wang J., Hwang W.-L. A fuzzy set approach for R&D portfolio selection using a real option valuation model // Omega. 2007. № 33. P. 247–257.

